

●——— 界面活性剤存在下でのコロイド粒子の熱泳動現象に関する研究

分子集合体や微粒子に対して、電場、磁場、光などの微小作用力を利用した分離分析が長年報告されてきた¹⁾²⁾。その中で、温度勾配により物質を分離する熱泳動 (thermophoresis) が注目されている。熱泳動において、物質と物質を取り巻く流体 (イオン、溶質、溶媒) 間の相互作用が大きく泳動に影響するため、熱泳動は、分析法としても期待されている。その結果、熱泳動に関する報告例は増加しているが、熱泳動に関する理論的検証研究は数少ないというのが現状である。

ところで、界面活性剤は、コロイド粒子の分散安定剤として用いられており、コロイド粒子の表面状態に大きく影響する。そして、界面活性剤存在下での熱泳動に関しては、系の複雑さのため、熱泳動の理論的な解明には至っていない。

Pu らのグループは、イオン性および非イオン性の界面活性剤 (臨界ミセル濃度以下) 水溶液中におけるシリカ微粒子の熱泳動に及ぼす主因子 (Soret 係数に及ぼす主因子) に関する研究を報告している³⁾。Soret 係数に影響する因子として、バルク溶液由来のものは粘度と熱膨張、粒子界面由来のものは枯渇効果、Seebeck 効果、水和エントロピー効果、イオン遮蔽効果が考えられ、Soret 係数は、これらの総和で記述される。今回、筆者らの実験系では、Soret 係数に及ぼす粘度、熱膨張、枯渇効果の寄与は小さいと実証した上で (Seebeck 効果：程度は低いと寄与すると記載)、水和とイオン遮蔽効果について検討を実施した。そして、それぞれの効果について検討した結果、シリカ微粒子の熱泳動は、非イオン性界面活性剤の水溶液中では、シリカ微粒子と水の界面におけるシラノール基の解離状態に大きく支配され、イオン性界面活性剤の水溶液中では、界面活性剤のシリカ微粒子への吸着に大きく影響されると結論づけている。一方で本論文中、一部の結果に関して理論式の適用不可能な系が存在したため、今後、詳細な研究が必要であると述べている。

最後に、筆者らは、今回の成果は、水溶液中における界面活性剤の役割の解明を促進するとともに、界面活性剤の物性値の最適化により、熱的に非平衡状態^{つな}下での新規の分析、分離法に繋がると述べている。

- 1) H. Watarai, H. Monjushiro, S. Tsukahara, M. Suwa, Y. Iguni : *Anal. Sci.*, **20**, 423 (2004).
- 2) 渡會仁 : ぶんせき (*Bunseki*), **2007**, 586.

- 3) D. Pu, A. Panahi, G. Natale, A. M. Benneker : *J. Chem. Phys.*, **161**, 104701 (2024).

〔大阪大学大学院基礎工学研究科 岡本 行広〕

●——— 100 keV のクライオ電子顕微鏡を用いたタンパク質構造解析

クライオ電子顕微鏡を用いたタンパク質構造解析法 (Cryo-EM) は近年目覚ましい進歩を遂げており、多種多様なタンパク質分子構造の決定に今やなくてはならない分析技術である。この技術では、電子顕微鏡を用いて凍結した試料に電子ビームを照射し、異なる角度から撮影された分子の二次元画像を画像処理することで分子の三次元構造を再構築する。構造生物学の発展に大きく貢献しているこの技術だが、構造決定に主に用いられる 300 keV エネルギーの電子顕微鏡が数億円と非常に高価であり、ユーザーが簡単には装置を購入・維持できないという課題が現在挙げられている。本技術へのアクセシビリティの向上が求められている中、最近の研究でほとんどのタンパク質分子の構造決定には最適なエネルギーが存在し、驚くべきことにその値は 100 keV で十分であると示された¹⁾。

McMullan, Cryo-EM の開発でノーベル賞を受賞した Henderson や JEOL などの研究グループは、低コストで現在の最先端装置と同程度の性能を出す装置の実現に挑戦し、100 keV のクライオ電子顕微鏡を設計した²⁾。数千万円のコストで設計した 100 keV の顕微鏡の性能を調べるために、サイズと対称性の異なる 11 種のタンパク質試料に対して測定を行った。その結果、11 種すべての構造を正確な原子モデルを構築するのに十分な分解能 (2.6~4.5 Å) で決定でき、Cryo-EM が適用できるほぼすべての試料に対してこの装置が良好に機能すると示された。最先端の 300 keV の顕微鏡を使用して測定した場合と比較したところ、得られたタンパク質構造の分解能は一貫して 300 keV の顕微鏡の場合の方がわずかに優れていた (10~25 %)。しかし今回のセットアップから対物レンズ、検出器等の改善を行えば 300 keV の顕微鏡と同等の光学性能を得られると推察され、100 keV のクライオ電子顕微鏡によって低コストで正確な構造解析ができる可能性が示唆された。

- 1) M. J. Peet, R. Henderson, C. J. Russo : *Ultramicroscopy*, **203**, 125 (2019).
- 2) G. McMullan, K. Naydenova, D. Mihaylov, K. Yamashita, M. J. Peet, H. Wilson, J. L. Dickerson, S. Chen, G. Cannone, Y. Lee, K. A. Hutchings, O. Gittins, M. A. Sobhy, T. Wells, M. M. El-Gomati, J. Dalby, M. Meffert, C. Schulze-Briesse, R. Henderson, C. J. Russo : *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **120**, e2312905120 (2023).

〔味の素株式会社 船橋 俊也〕